

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-029437

(43)Date of publication of application : 29.01.2002

(51)Int.Cl.

B62D 6/00

B62D 5/04

// B62D101:00

B62D113:00

B62D117:00

B62D131:00

B62D133:00

B62D137:00

(21)Application number : 2000-212628

(71)Applicant : NISSAN MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 13.07.2000

(72)Inventor : KOSHO HIROYUKI

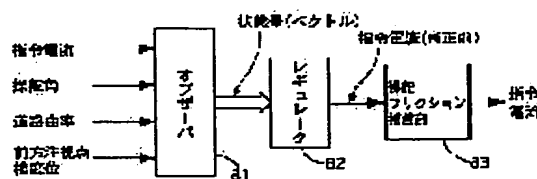
MORI HIROSHI

## (54) LANE FOLLOW-UP CONTROL DEVICE FOR VEHICLE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a lane follow-up control device for a vehicle capable of allowing the steering intervention of a driver while maintaining high lane follow-up performance.

SOLUTION: This lane follow-up control device for the vehicle is provided with a controller 8 for outputting a control command to a motor 5 provided at a steering mechanism by feedback control. The controller 8 is provided with a steering angle friction compensating part 83 (a disturbance torque compensating part) for compensating disturbance torque inputted to the steering mechanism, and a feedback coefficient of the controller 8 is set on the assumption that there is no steering disturbance.



**\* NOTICES \***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1]A self-vehicles relative position detection means which detects a relative position of self-vehicles to a target lane.

A steering desired value calculating means which computes steering desired values, such as a target steering angle for deriving self-vehicles to a target lane, and target steering angle speed, based on detection of a relative position.

A steering actual value detecting means which detects steering actual values, such as an actual steering angle and actual steering angle speed.

A steering mechanism which steers either [ at least ] a front wheel or a rear wheel.

A steering control means to output a control command to a steering actuator provided in said steering mechanism by feedback control which coincides said steering actual value with said steering desired value.

It was a lane following control device of vehicles provided with the above, and a disturbance torque compensation part which compensates disturbance torque inputted into a steering mechanism was provided in said steering control means, and a feedback coefficient of a steering control means was set as it based on assumption that there is no steering disturbance.

[Claim 2]In a lane following control device of the vehicles according to claim 1, said disturbance torque compensation part in the same direction as a steering direction. An observer which considers it as a steering friction compensation part which computes a control command based on a steering friction assumption value with a constant size, and presumes quantity of state of vehicles for said steering control means from input and output of a system, A regulator which computes feedback control instructions before compensation based on quantity of state of vehicles, A lane following control device of vehicles considering it as a means which adds a control command based on a steering friction assumption value to feedback control instructions computed without said steering friction compensation part's having constituted and assuming steering friction, and is made into the control-command last value.

[Claim 3]In a lane following control device of the vehicles according to claim 2, said steering friction compensation part, A lane following control device of vehicles considering it as a compensation part which performs amendment which enlarges said steering friction assumption value, and computes a control command based on a steering friction assumption value after amendment when meandering occurs on vehicles during a run by lane following control.

[Claim 4]A lane following control device of vehicles establishing the 1st meandering decision means judged to be meandering of vehicles when a change cycle of numerals of a yaw rate detected by a yaw rate detection means is beyond a preset value in a lane following control device of the vehicles according to claim 3.

[Claim 5]A lane following control device of vehicles establishing the 2nd meandering decision means judged to be meandering of vehicles when change of other physical quantity caused by change of a

yaw rate is detected in a lane following control device of the vehicles according to claim 3.

[Claim 6]In a lane following control device of the vehicles according to claim 2, said steering friction compensation part, A lane following control device of vehicles considering it as a compensation part which performs amendment which makes said steering friction assumption value small, and computes a control command based on a steering friction assumption value after amendment when hunching of a steering angle occurs during a run by lane following control.

[Claim 7]A lane following control device of vehicles establishing a steering hunching decision means judged to be hunching of a steering angle with a time average of an absolute value of steering angle speed being large in a lane following control device of the vehicles according to claim 6.

[Claim 8]In a lane following control device of the vehicles according to claim 1, said disturbance torque compensation part in the same direction as the feedback control instruction direction of the preceding paragraph. An observer which considers it as a steering friction compensation part which computes a control command based on a steering friction assumption value with a constant size, and presumes quantity of state of vehicles for said steering control means from input and output of a system, A regulator which computes feedback control instructions before compensation based on quantity of state of vehicles, A lane following control device of vehicles considering it as a means which adds a control command based on a steering friction assumption value to feedback control instructions computed without said steering friction compensation part's having constituted and assuming steering friction, and is made into the control-command last value.

[Claim 9]An observer which presumes quantity of state of vehicles for said steering control means from input and output of a system in a lane following control device of the vehicles according to claim 1, A regulator which computes the control-command last value which is an actuator input based on quantity of state of vehicles constitutes, A lane following control device of vehicles considering it as a means made into a feedback term in a regulator which negates disturbance torque which presumed disturbance torque inputted into a steering mechanism by said observer, and was presumed by observer in said disturbance torque compensation part.

[Claim 10]A lane following control device of vehicles providing a limiting circuit which restricts a size of a disturbance torque point estimate which is one of the outputs from said observer between an observer and a regulator in a lane following control device of the vehicles according to claim 9.

---

[Translation done.]

D1

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-29437

(P2002-29437A)

(43)公開日 平成14年1月29日(2002.1.29)

(51)Int.Cl.	識別記号	F I	テーマコード(参考)
B 6 2 D 6/00		B 6 2 D 6/00	3 D 0 3 2
5/04		5/04	3 D 0 3 3
// B 6 2 D 101:00		101:00	
113:00		113:00	
117:00		117:00	

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 15 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2000-212628(P2000-212628)

(22)出願日 平成12年7月13日(2000.7.13)

(71)出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72)発明者 古性 裕之

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産  
自動車株式会社内

(72)発明者 毛利 宏

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産  
自動車株式会社内

(74)代理人 100105153

弁理士 朝倉 悟 (外1名)

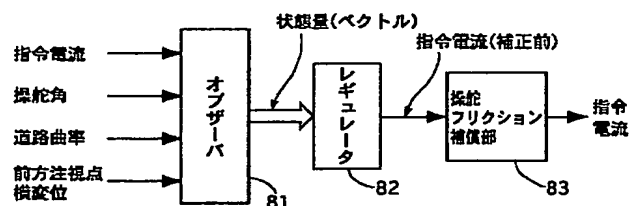
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 車両の車線追従制御装置

(57)【要約】

【課題】 高い車線追従性能を維持しつつ、ドライバの操舵介入を許容することができる車両の車線追従制御装置を提供すること。

【解決手段】 フィードバック制御によりステアリング機構に設けられたモータ5へ制御指令を出力するコントローラ8を備えた車両の車線追従制御装置において、コントローラ8に、ステアリング機構へ入力される外乱トルクを補償する舵角フリクション補償部83(外乱トルク補償部)を設け、かつ、コントローラ8のフィードバック係数を、操舵外乱がないとの想定に基づき設定した。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 目標車線に対する自車両の相対位置を検出する自車両相対位置検出手段と、  
相対位置の検出に基づき、自車両を目標車線に誘導するための目標操舵角や目標操舵角速度等の操舵目標値を算出する操舵目標値算出手段と、  
実操舵角や実操舵角速度等の操舵実際値を検出する操舵実際値検出手段と、  
前輪もしくは後輪の少なくとも一方を操舵するステアリング機構と、  
前記操舵実際値を前記操舵目標値に一致させるフィードバック制御により前記ステアリング機構に設けられた操舵アクチュエータへ制御指令を出力する操舵制御手段とを備えた車両の車線追従制御装置において、  
前記操舵制御手段に、ステアリング機構へ入力される外乱トルクを補償する外乱トルク補償部を設け、かつ、操舵制御手段のフィードバック係数を、操舵外乱がないとの想定に基づき設定したことを特徴とする車両の車線追従制御装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載の車両の車線追従制御装置において、  
前記外乱トルク補償部を、操舵方向と同じ方向で、大きさが一定の操舵フリクション想定値に基づく制御指令を算出する操舵フリクション補償部とし、  
前記操舵制御手段を、システムの入出力から車両の状態量を推定するオブザーバと、車両の状態量に基づき補償前のフィードバック制御指令を算出するレギュレータと、前記操舵フリクション補償部により構成し、操舵フリクションを想定しないで算出されたフィードバック制御指令に、操舵フリクション想定値に基づく制御指令を加えて制御指令最終値とする手段としたことを特徴とする車両の車線追従制御装置。

【請求項 3】 請求項 2 記載の車両の車線追従制御装置において、  
前記操舵フリクション補償部を、車線追従制御による走行中に車両に蛇行が発生した場合、前記操舵フリクション想定値を大きくする補正を行い、補正後の操舵フリクション想定値に基づく制御指令を算出する補償部としたことを特徴とする車両の車線追従制御装置。

【請求項 4】 請求項 3 記載の車両の車線追従制御装置において、  
ヨーレイト検出手段により検出されるヨーレイトの符号の変化周期が設定値以上の場合、車両の蛇行と判断する第 1 蛇行判断手段を設けたことを特徴とする車両の車線追従制御装置。

【請求項 5】 請求項 3 記載の車両の車線追従制御装置において、  
ヨーレイトの変化によって引き起こされる他の物理量の変化を検出した場合、車両の蛇行と判断する第 2 蛇行判断手段を設けたことを特徴とする車両の車線追従制御装

置。

【請求項 6】 請求項 2 記載の車両の車線追従制御装置において、  
前記操舵フリクション補償部を、車線追従制御による走行中に操舵角のハンチングが発生した場合、前記操舵フリクション想定値を小さくする補正を行い、補正後の操舵フリクション想定値に基づく制御指令を算出する補償部としたことを特徴とする車両の車線追従制御装置。

【請求項 7】 請求項 6 記載の車両の車線追従制御装置において、  
操舵角速度の絶対値の時間平均が大きいことをもって操舵角のハンチングと判断する操舵ハンチング判断手段を設けたことを特徴とする車両の車線追従制御装置。

【請求項 8】 請求項 1 記載の車両の車線追従制御装置において、  
前記外乱トルク補償部を、前段のフィードバック制御指令方向と同じ方向で、大きさが一定の操舵フリクション想定値に基づく制御指令を算出する操舵フリクション補償部とし、  
前記操舵制御手段を、システムの入出力から車両の状態量を推定するオブザーバと、車両の状態量に基づき補償前のフィードバック制御指令を算出するレギュレータと、前記操舵フリクション補償部により構成し、操舵フリクションを想定しないで算出されたフィードバック制御指令に、操舵フリクション想定値に基づく制御指令を加えて制御指令最終値とする手段としたことを特徴とする車両の車線追従制御装置。

【請求項 9】 請求項 1 記載の車両の車線追従制御装置において、  
前記操舵制御手段を、システムの入出力から車両の状態量を推定するオブザーバと、車両の状態量に基づきアクチュエータ入力である制御指令最終値を算出するレギュレータにより構成し、  
前記オブザーバによりステアリング機構へ入力される外乱トルクを推定し、  
前記外乱トルク補償部を、オブザーバにより推定された外乱トルクを打ち消すレギュレータ内のフィードバック項とする手段としたことを特徴とする車両の車線追従制御装置。

【請求項 10】 請求項 9 記載の車両の車線追従制御装置において、  
前記オブザーバからの出力の 1 つである外乱トルク推定値の大きさを制限するリミッタを、オブザーバとレギュレータとの間に設けたことを特徴とする車両の車線追従制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、自動運転中に車線追従性能を維持しつつドライバの操舵介入を許容させた車両の車線追従制御装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、車両の自動操舵装置としては、例えば、特開平5-50932号公報に記載のものが知られている。

【0003】この公報には、操舵パターンに沿った操舵を確保し、障害物との干渉を確実に回避することを目的とし、障害物との干渉を回避するための操舵を行う車両の自動操舵装置において、運転者による操舵角を検出する操舵角検出手段を設け、自動操舵中に、運転者が所定以上に操舵するときは、その操舵を規制する規制手段を備える技術が記載されている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような従来の自動操舵装置にあつては、目標操舵角に実操舵角を一致させようと働く操舵サーボ系がフィードバック制御の中に存在しているため、ドライバの介入がしづらいという問題があつた。すなわち、車線から車両の相対位置を算出した後、車両を目標ラインに載せるための目標操舵角が算出される。次に、操舵サーボ系が目標操舵角と実操舵角を一致させるように、操舵アクチュエータの入力である電流や電圧を制御することになっている。操舵サーボ系は車線追従性能を向上させるため、位相遅れが少ないように設定されるため、フィードバック係数を大きく設定せざるを得ない。よって、自動操舵中にドライバが操舵介入しようとしても、ステアリングはほとんど動かない状態となり、結果としてドライバが介入しづらい面を持っていた。

【0005】この問題を解決するため、操舵サーボ系のない制御系を構成することが考えられる。すなわち、操舵アクチュエータの入力を車線追従制御システムの入力とし、車両挙動を車線追従制御システムの出力とみなした上でフィードバック制御系を構成するものである。しかしながら、この構成では、車両挙動の変化が生じた後、位相遅れを持って自車両が目標ラインに戻されるといふ作動が繰り返されることになり、目標ラインへの収束性の低い車線追従性能を示し、車両が蛇行しやすい弱点を有している。

【0006】本発明は上記課題に着目してなされたもので、その目的とするところは、高い車線追従性能を維持しつつ、ドライバの操舵介入を許容することができる車両の車線追従制御装置を提供することにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1記載の発明では、目標車線に対する自車両の相対位置を検出する自車両相対位置検出手段と、相対位置の検出に基づき、自車両を目標車線に誘導するための目標操舵角や目標操舵角速度等の操舵目標値を算出する操舵目標値算出手段と、実操舵角や実操舵角速度等の操舵実際値を検出する操舵実際値検出手段と、前輪もしくは後輪の少なくとも一方を操舵するステアリング機構

と、前記操舵実際値を前記操舵目標値に一致させるフィードバック制御により前記ステアリング機構に設けられた操舵アクチュエータへ制御指令を出力する操舵制御手段とを備えた車両の車線追従制御装置において、前記操舵制御手段に、ステアリング機構へ入力される外乱トルクを補償する外乱トルク補償部を設け、かつ、操舵制御手段のフィードバック係数を、操舵外乱がないとの想定に基づき設定したことを特徴とする。

【0008】請求項2記載の発明では、請求項1記載の車両の車線追従制御装置において、前記外乱トルク補償部を、操舵方向と同じ方向で、大きさが一定の操舵フリクション想定値に基づく制御指令を算出する操舵フリクション補償部とし、前記操舵制御手段を、システムの入出力から車両の状態量を推定するオブザーバと、車両の状態量に基づき補償前のフィードバック制御指令を算出するレギュレータと、前記操舵フリクション補償部により構成し、操舵フリクションを想定しないで算出されたフィードバック制御指令に、操舵フリクション想定値に基づく制御指令を加えて制御指令最終値とする手段としたことを特徴とする。

【0009】請求項3記載の発明では、請求項2記載の車両の車線追従制御装置において、前記操舵フリクション補償部を、車線追従制御による走行中に車両に蛇行が発生した場合、前記操舵フリクション想定値を大きくする補正を行い、補正後の操舵フリクション想定値に基づく制御指令を算出する補償部としたことを特徴とする。

【0010】請求項4記載の発明では、請求項3記載の車両の車線追従制御装置において、ヨーレイト検出手段により検出されるヨーレイトの符号の変化周期が設定値以上の場合、車両の蛇行と判断する第1蛇行判断手段を設けたことを特徴とする。

【0011】請求項5記載の発明では、請求項3記載の車両の車線追従制御装置において、ヨーレイトの変化によって引き起こされる他の物理量の変化を検出した場合、車両の蛇行と判断する第2蛇行判断手段を設けたことを特徴とする。

【0012】請求項6記載の発明では、請求項2記載の車両の車線追従制御装置において、前記操舵フリクション補償部を、車線追従制御による走行中に操舵角のハンチングが発生した場合、前記操舵フリクション想定値を小さくする補正を行い、補正後の操舵フリクション想定値に基づく制御指令を算出する補償部としたことを特徴とする。

【0013】請求項7記載の発明では、請求項6記載の車両の車線追従制御装置において、操舵角速度の絶対値の時間平均が大きいことをもって操舵角のハンチングと判断する操舵ハンチング判断手段を設けたことを特徴とする。

【0014】請求項8記載の発明では、請求項1記載の車両の車線追従制御装置において、前記外乱トルク補償

部を、前段のフィードバック制御指令方向と同じ方向で、大きさが一定の操舵フリクション想定値に基づく制御指令を算出する操舵フリクション補償部とし、前記操舵制御手段を、システムの入出力から車両の状態量を推定するオブザーバと、車両の状態量に基づき補償前のフィードバック制御指令を算出するレギュレータと、前記操舵フリクション補償部により構成し、操舵フリクションを想定しないで算出されたフィードバック制御指令に、操舵フリクション想定値に基づく制御指令を加えて制御指令最終値とする手段としたことを特徴とする。

【0015】請求項9記載の発明では、請求項1記載の車両の車線追従制御装置において、前記操舵制御手段を、システムの入出力から車両の状態量を推定するオブザーバと、車両の状態量に基づきアクチュエータ入力である制御指令最終値を算出するレギュレータにより構成し、前記オブザーバによりステアリング機構へ入力される外乱トルクを推定し、前記外乱トルク補償部を、オブザーバにより推定された外乱トルクを打ち消すレギュレータ内のフィードバック項とする手段としたことを特徴とする。

【0016】請求項10記載の発明では、請求項9記載の車両の車線追従制御装置において、前記オブザーバからの出力の1つである外乱トルク推定値の大きさを制限するリミッタを、オブザーバとレギュレータとの間に設けたことを特徴とする。

【0017】

【発明の作用および効果】請求項1記載の発明にあっては、自車両相対位置検出手段において、目標車線に対する自車両の相対位置が検出され、操舵目標値算出手段において、相対位置の検出に基づき、自車両を目標車線に誘導するための目標操舵角や目標操舵角速度等の操舵目標値が算出され、操舵実際値検出手段において、実操舵角や実操舵角速度等の操舵実際値が検出され、操舵制御手段において、操舵実際値を操舵目標値に一致させるフィードバック制御によりステアリング機構に設けられた操舵アクチュエータへ制御指令が出力される。そして、この操舵制御手段には、ステアリング機構へ入力される外乱トルクを補償する外乱トルク補償部が設けられ、かつ、操舵制御手段のフィードバック係数が、操舵外乱がないとの想定に基づき設定される。この請求項1で得られる効果は、車線追従性を維持しつつ、操舵系を軽くすることができる点にある。車線追従性を維持することに関しては、ステアリング機構へ入力される外乱トルクを補償する外乱トルク補償部が設けられているためである。また、ハンドルが軽くなる点であるが、操舵外乱を補償する制御となっているため、操舵角速度、操舵角等の操舵サーボ系のフィードバック係数は操舵外乱がないと想定して設定されたフィードバック係数と同じためである。さらに詳しく説明すると、操舵外乱が大きくなるほど、操舵外乱を陽な形でフィードバックすることがな

い制御では、操舵角速度、操舵角等の操舵サーボ系のフィードバック係数を大きく設定せざるを得ない。これが俗に言うハイゲイン制御で、フィードバック係数(=ゲイン)を大きくすることにより、モデル化されない要素(外乱、プラントのモデル化誤差)を補償するものである。すなわち、操舵外乱がないと想定した場合の設計では、フィードバック係数を小さくすることができ、ハンドルが軽くなり、ドライバの操舵介入を許容することができるのである。

10 【0018】請求項2記載の発明にあっては、外乱トルク補償部が、操舵方向と同じ方向で、大きさが一定の操舵フリクション想定値に基づく制御指令を算出する操舵フリクション補償部とされ、操舵制御手段が、システムの入出力から車両の状態量を推定するオブザーバと、車両の状態量に基づき補償前のフィードバック制御指令を算出するレギュレータと、前記操舵フリクション補償部により構成され、操舵制御手段からは、操舵フリクションを想定しないで算出されたフィードバック制御指令に、操舵フリクション想定値に基づく制御指令を加えた  
20 制御指令最終値が操舵アクチュエータに出力される。よって、オブザーバとレギュレータとは従来のままで、操舵フリクション補償部を追加するという簡単な構成の変更により、車線追従性能を維持しつつ、ドライバの操舵介入を許容することができる。加えて、操舵フリクション分をフィードフォワードで補償する制御系の構成となり、応答性の高い車線追従性能を得ることができる。

【0019】請求項3記載の発明にあっては、操舵フリクション補償部において、車線追従制御による走行中に車両に蛇行が発生した場合、操舵フリクション想定値を大きくする補正が行われ、補正後の操舵フリクション想定値に基づく制御指令が算出される補償部とされる。すなわち、予め設定される操舵フリクション想定値は、大きすぎると操舵フリクション想定値の実フリクションへの収束は早まるものの、安定性が低下する傾向にあるため、トレードオフを考慮して設定される。つまり、車両の蛇行は、予め設定された操舵フリクション想定値が小さいことが原因で発生すると推定できる。よって、車両に蛇行が発生した場合、操舵フリクション想定値を大きくする補正を行うことで、操舵フリクション想定値が実操舵フリクションに近づき、車両の蛇行が抑えられた車線追従性能を実現することができる。

【0020】請求項4記載の発明にあっては、第1蛇行判断手段において、ヨーレイト検出手段により検出されるヨーレイトの符号の変化周期が設定値以上の場合、車両の蛇行と判断される。よって、ヨーレイトの符号の変化という単純な物理量により、確実に操舵フリクション想定値の補正が必要な車両の蛇行を検知することができる。

【0021】請求項5記載の発明にあっては、第2蛇行判断手段において、ヨーレイトの変化によって引き起こ

される他の物理量の変化を検出した場合、車両の蛇行と判断される。よって、例えば、ヨー角、前方注視点横変位、車両重心点横速度、車両重心点横変位等により、確実に操舵フリクション想定値の補正が必要な車両の蛇行を検知することができる。

【0022】請求項6記載の発明にあっては、操舵フリクション補償部において、車線追従制御による走行中に操舵角のハンチングが発生した場合、操舵フリクション想定値を小さくする補正が行われ、補正後の操舵フリクション想定値に基づく制御指令が算出される補償部とされる。すなわち、予め設定される操舵フリクション想定値が、大きすぎると操舵フリクション想定値の実フリクションへの収束は早まるものの、安定性が低下し操舵角のハンチングが生じる。よって、操舵角のハンチングが発生した場合、操舵フリクション想定値を小さくする補正を行うことで、操舵フリクション想定値が実操舵フリクションに近づき、操舵角のハンチングが抑えられた車線追従性能を実現することができる。

【0023】請求項7記載の発明にあっては、操舵ハンチング判断手段において、操舵角速度の絶対値の時間平均が大ききことをもって操舵角のハンチングと判断される。よって、操舵角速度の絶対値を監視することで、操舵フリクション想定値の補正が必要な操舵ハンチングを確実に検知することができる。

【0024】請求項8記載の発明にあっては、外乱トルク補償部が、前段のフィードバック制御指令方向と同じ方向で、大きさが一定の操舵フリクション想定値に基づく制御指令を算出する操舵フリクション補償部とされ、操舵制御手段が、システムの入出力から車両の状態量を推定するオブザーバと、車両の状態量に基づき補償前のフィードバック制御指令を算出するレギュレータと、操舵フリクション補償部により構成され、操舵制御手段からは、操舵フリクションを想定しないで算出されたフィードバック制御指令に、操舵フリクション想定値に基づく制御指令を加えた制御指令最終値が操舵アクチュエータに出力される。よって、オブザーバとレギュレータとは従来のままで、操舵フリクション補償部を追加するという簡単な構成の変更により、車線追従性能を維持しつつ、ドライバの操舵介入を許容することができる。加えて、車両が蛇行するような場合、目標車線に戻す方向のフィードバック制御指令と同方向に補償による制御指令が加わることで、請求項3記載の発明のように、操舵フリクション想定値を大きくする補正を行うことなく、車両の蛇行が抑えられた車線追従性能を実現することができる。

【0025】請求項9記載の発明にあっては、操舵制御手段が、システムの入出力から車両の状態量を推定するオブザーバと、車両の状態量に基づきアクチュエータ入力である制御指令最終値を算出するレギュレータにより構成される。そして、オブザーバによりステアリング機

構に入力される外乱トルクが推定され、外乱トルク補償部が、オブザーバにより推定された外乱トルクを打ち消すレギュレータ内のフィードバック項とされる。この請求項9記載の発明で得られる効果は、請求項1記載の発明で得られる効果と同様に、車線追従性を維持しつつ、操舵系を軽くすることができる点にある。ただし、車線追従性を維持することに関しては、ステアリング機構に入力される外乱トルクを打ち消すフィードバック項がレギュレータ内に存在するためである。また、ハンドルが軽くなる点については、請求項1記載の発明と同様の理由による。

【0026】請求項10記載の発明にあっては、オブザーバからの出力の1つである外乱トルク推定値の大きさを制限するリミッタが、オブザーバとレギュレータとの間に設けられる。請求項9記載の発明では、フィードバック係数自体を小さい値に保つことにより軽い操舵系を実現できた。ただ、フィードバック係数がいくら小さくても、ドライバ介入がなされた場合、最終的には外乱補償項が大きくなってしまい、介入を妨げる方向に作用する。これは、ドライバ介入を操舵フリクションと同様に外乱トルクとして推定してしまうためである。ただし、操舵フリクションはドライバ介入と異なり、所定値以上にはならない。よって、オブザーバで外乱トルク推定が所定値以上となった場合は、ドライバ介入以外にはあり得ない。そのため、外乱トルク補償にリミッタを持たせることにより、操舵フリクションを補償しつつ、ドライバ介入を容易にする制御系を構成することが可能となる。

【0027】

【発明の実施の形態】（実施の形態1）

【0028】実施の形態1は請求項1、2に記載の発明に対応する車両の車線追従制御装置である。

【0029】まず、車両システムの全体構成を説明すると、図1は車線追従制御装置が搭載された車両を示す斜視図、図2は車線追従制御装置を示す斜視図である。1はステアリングホイールであり、この回転角はコラムシャフト2を介してステアリングギヤ3に伝えられ、図示しないが、ステアリングギヤ3内のラックを左右動かすことにより前輪が操舵される（ステアリング機構に相当）。

【0030】4は操舵アクチュエータであり、モータ5と、コラムシャフト2に設けられ自動運転中にONとなる電磁クラッチ6と、モータ5の回転をコラムシャフト2に伝えるベルト伝達機構7により構成されている。

【0031】8はコントローラ（操舵制御手段に相当）であり、コラムシャフト2の回転を検出するロータリエンコーダ9（操舵実際値検出手段に相当）からの舵角信号、車両の前方道路を撮影するCCDカメラ10からの映像信号により走行車線を認識する車線認識装置11からの信号（例えば、道路曲率、前方注視点横変位等）、



ヨーレイトセンサ12からの信号等を入力し、これらの信号に基づいて前記モータ5の印加電流を制御する。

【0032】制御部の全体構成を説明すると、図3はコントローラ8を示す制御ブロック図であり、指令電流、操舵角、道路曲率、前方注視点横変位より、車両の状態量を推定するオブザーバ81と、車両の状態量に基づきアクチュエータ指令電流を算出するレギュレータ82と、指令電流に補正を施す操舵フリクション補償部83（外乱トルク補償部に相当）から構成されている。

【0033】オブザーバ81の構成を説明すると、図4はオブザーバ81の構成を示す概略図であり、図中A、B、C、Dは車両重量、ヨー慣性モーメント、車速等、制御対象の特性から決定される行列、また、 $K_e$ は観測ノイズによって決定される行列である。図15に示す式1は電流 $i$ 及び道路曲率 $\rho$ を入力とする状態方程式である。図16に示す式2に出力方程式の一例を示す。式1、2を、図16に示す式3、4で略記してオブザーバ構成の中のA、B、C、Dの行列を得る。 $K_e$ の決定法はカルマンフィルタの構成法が知られており詳細は省略する。

【0034】レギュレータ82の構成を説明すると、レギュレータ82の例を図16の式5に示す。各状態の定数フィードバックの場合、各定数（式5中の $k_1 \sim k_7$ ）の決定法は、例えば、線形2次形式評価関数の最適制御が知られている。その場合の例を示す。式1が制御対象を表す式であるが、制御対象の入力に制御量である電流 $i$ の他に道路曲率 $\rho$ が存在し、通常の最適制御設計ができる構造ではない。これを克服する方法として、確率論的最適レギュレータ設計法が知られており、制御量以外のシステムの入力を白色ノイズで駆動される一次系で近似し、状態量に組み入れるものである。図17に示す式6に道路曲率 $\rho$ の振る舞いを近似する一次式を示す。式6中の $\lambda$ 及び $\omega$ 分散の決定法を示す。まず、道路曲率 $\rho$ の振る舞いを振幅 $\rho_0$ が一定で周期が不確定な、ポアソン方形波で近似する。例えば、想定する道路の曲率平均を振幅 $\rho_0$ に代入する。道路曲率 $\rho$ の変化は不確定であるが、1秒にどの程度零を横切るかどうかで近似する。その回数を $\nu_\rho$ とする。このポアソン近似を式6の近似に戻すと図17の関係式7、8を得る。これにより $\lambda$ 及び $\omega$ 分散を決定できる。式6を式1に代入し、図17の式9を得る。この形は最適制御を適用する形式となっている。以後、最適制御設計の詳細に入ってしまうため省略する。

【0035】操舵フリクション補償部83の構成について、図5に示す制御フローにより説明する。ステップ50では、操舵角速度が操舵方向判定する入力Qとされる。ステップ51では、入力Qにより操舵方向を示す符号Rが算出される。ここで、 $\text{sign}()$ は、入力Qが正の場合1を、負の場合は-1を、零の場合は0を出力する。ステップ52では、モータ印加電流 $I_{\text{total}}$ が、フィー

ドバック分の指令電流値 $I_{\text{fb}}$ に、一定の操舵フリクション想定値 $W$ に相当する指令電流値 $R * W / NA * KT$ を加えることで算出される。ここで、 $NA$ はアクチュエータギヤ比、 $KT$ はモータトルク定数である。

【0036】すなわち、操舵フリクションを想定しないで計算されたフィードバック分の指令電流値 $I_{\text{fb}}$ に、操舵フリクション相当分の指令電流値 $R * W / NA * KT$ を加えてモータ印加電流 $I_{\text{total}}$ が算出される。

【0037】よって、この実施の形態1では、車線追従性を維持しつつ、操舵系を軽くすることができるという効果が得られる。つまり、車線追従性を維持することに関しては、ステアリング機構に入力される外乱トルクを補償する操舵フリクション補償部83が設けられ、操舵外乱を補償する効果が発揮されるためである。また、ハンドルが軽くなる点であるが、操舵外乱を補償する制御となっているため、操舵角速度、操舵角等の操舵サーボ系のフィードバック係数は操舵外乱がないと想定して設定されたフィードバック係数と同じためである。さらに詳しく説明すると、操舵外乱が大きくなるほど、操舵外乱を陽な形でフィードバックすることがない制御では、操舵角速度、操舵角等の操舵サーボ系のフィードバック係数を大きく設定せざるを得ない。これが俗に言うハイゲイン制御で、フィードバック係数（＝ゲイン）を大きくすることにより、モデル化されない要素（外乱、プラントのモデル化誤差）を補償するものである。すなわち、操舵外乱がないと想定した場合の設計では、フィードバック係数を小さくすることができ、ハンドルが軽くなり、ドライバの操舵介入を許容することができるのである。

【0038】また、実施の形態1では、フィードバック分の指令電流値 $I_{\text{fb}}$ に加える操舵フリクション相当分の指令電流値 $R * W / NA * KT$ の方向を、操舵角速度の符号により決まる操舵方向と同じ方向としているため、操舵フリクション分をフィードフォワードで補償する制御系の構成となり、応答性の高い車線追従性能を得ることができる。

【0039】さらに、コントローラ8が、システムの入出力から車両の状態量を推定するオブザーバ81と、車両の状態量に基づき補償前のフィードバック制御指令を算出するレギュレータ82と、操舵フリクション補償部83により構成されるため、オブザーバ81とレギュレータ82とは、フィードバック係数を小さくするだけで従来のままとし、操舵フリクション補償部83を追加するという簡単な構成の変更により、車線追従性を維持しつつ、ドライバの操舵介入を許容することができる。

【0040】（実施の形態2）

【0041】請求項3、4、5記載の発明に対応する実施の形態2について説明する。この実施の形態2は、操舵フリクション補償部83以外は、実施の形態1と同じであるので、操舵フリクション補償部83以外の説明は

省略する。

【0042】実施の形態2における操舵フリクション補償部83の構成について、図6に示す制御フローにより説明する。ステップ60では、ヨーレイト信号が蛇行を判定する入力Uとされる。ステップ61では、入力Uによりヨー発生方向を示す符号Xが算出される。ここで、 $\text{sign}()$ は、入力Uが正の場合1を、負の場合は-1を、零の場合は0を出力する。また、 $X(0)$ の(0)は現在値を示す。ステップ62では、符号Xが変わるまで増加するカウンタ値Yが算出される。なお、このカウンタ値Yは、符号Xが切り替わる時点で零クリアされる。また、 $(X(0) == X(1))$ は、 $X(0) = X(1)$ の場合は1、 $X(0) \neq X(1)$ の場合は0とされる。ステップ63では、カウンタ値Yの最大値、すなわち、ヨーレイト符号変化の半周期相当の物理量Zがストアされる。なお、 $(Y(0) != 0)$ は、 $Y(0) \neq 0$ の場合は1とされる。ステップ64では、操舵フリクション想定値Wの現在値 $W(0)$ と補正値の現在値 $C * Z(0)$ の和が操舵フリクション想定値 $W(1)$ とされる。ここで、Cは補正係数である。ステップ65では、操舵角速度が操舵方向判定する入力Qとされる。ステップ66では、入力Qにより操舵方向を示す符号Rが算出される。ここで、 $\text{sign}()$ は、入力Qが正の場合1を、負の場合は-1を、零の場合は0を出力する。ステップ67では、モータ印加電流 $I_{\text{total}}$ が、フィードバック分の指令電流値 $I_{\text{fb}}$ に、補正により大きくされた操舵フリクション想定値 $W(1)$ に相当する指令電流値 $R * W(1) / NA * KT$ を加えることで算出される。ここで、NAはアクチュエータギヤ比、KTはモータトルク定数である。

【0043】上記制御フローから明らかなように、実施の形態2では、操舵フリクション想定値Wの補正量は、ヨーレイトの符号が変わらない時間（半周期に相当）に相当する物理量Zが大きいほど、大きくなるように補正される。なお、補正係数Cは、一定値であり符号が正である。

【0044】すなわち、予め設定される操舵フリクション想定値Wは、大きすぎると操舵フリクション想定値の実フリクションへの収束は早まるものの、安定性が低下する傾向にあるため、トレードオフを考慮して設定される。つまり、車両の蛇行は、予め設定された操舵フリクション想定値Wが小さいことが原因で発生すると推定できる。

【0045】よって、実施の形態2では、車両に蛇行が発生した場合、操舵フリクション想定値Wを大きくする補正を行うことで、操舵フリクション想定値 $W(1)$ が実操舵フリクションに近づき、車両の蛇行が抑えられた車線追従性能を実現することができる。

【0046】なお、ヨーレイトセンサ12により検出されるヨーレイト信号の符号の変化周期が設定値以上の場合、車両の蛇行と判断し、操舵フリクション想定値Wを

大きくする補正を行うようにしても良く、この場合は、ヨーレイトの符号の変化という単純な物理量により、確実に操舵フリクション想定値Wの補正が必要な車両の蛇行を検知することができる。

【0047】また、ヨーレイトの変化によって引き起こされる他の物理量の変化を検出した場合、車両の蛇行と判断し、操舵フリクション想定値Wを大きくする補正を行うようにしても良い。この場合、例えば、ヨー角、前方注視点横変位、車両重心点横速度、車両重心点横変位等により、確実に操舵フリクション想定値Wの補正が必要な車両の蛇行を検知することができる。

【0048】（実施の形態3）

【0049】請求項6、7記載の発明に対応する実施の形態3について説明する。この実施の形態3は、操舵フリクション補償部83以外は、実施の形態1と同じであるので、操舵フリクション補償部83以外の説明は省略する。

【0050】実施の形態3における操舵フリクション補償部83の構成について、図7に示す制御フローにより説明する。ステップ70では、操舵角速度がハンチングを判定する入力Uとされる。ステップ71では、入力Uによりハンチングを判定する操舵角速度絶対値Xが算出される。ここで、 $\text{abs}()$ は、入力の絶対値を出力する。ステップ72では、操舵角速度の絶対値の平均的な大きさYが算出される。なお、 $\text{LPF}()$ は、ローパスフィルタをあらわす。ステップ73では、操舵フリクション想定値Wの現在値 $W(0)$ と補正値 $C * Y$ の和が操舵フリクション想定値 $W(1)$ とされる。ここで、Cは補正係数であるが、実施の形態2と異なり、符号はマイナスとなる。ステップ74では、操舵角速度が操舵方向を判定する入力Qとされる。ステップ75では、入力Qにより操舵方向を示す符号Rが算出される。ステップ76では、モータ印加電流 $I_{\text{total}}$ が、フィードバック分の指令電流値 $I_{\text{fb}}$ に、補正により小さくされた操舵フリクション想定値 $W(1)$ に相当する指令電流値 $R * W(1) / NA * KT$ を加えることで算出される。ここで、NAはアクチュエータギヤ比、KTはモータトルク定数である。

【0051】上記制御フローから明らかなように、実施の形態3では、操舵フリクション想定値Wの補正量は、操舵角速度の絶対値にローパスフィルタを施し、その値Yが大きいほど、小さくなるように補正される。

【0052】すなわち、予め設定される操舵フリクション想定値Wが、大きすぎると操舵フリクション想定値Wの実フリクションへの収束は早まるものの、安定性が低下し操舵角のハンチングが生じる。

【0053】よって、操舵角のハンチングが発生した場合、操舵フリクション想定値Wを小さくする補正を行うことで、操舵フリクション想定値Wが実操舵フリクションに近づき、操舵角のハンチングが抑えられた車線追従性能を実現することができる。

【0054】また、操舵角速度の絶対値の時間平均が大ききことをもって操舵角のハンチングと判断されるため、操舵角速度の絶対値を監視することで、操舵フリクション想定値Wの補正が必要な操舵ハンチングを確実に検知することができる。

【0055】さらに、ローパスフィルタを強めると、突発的な操舵介入による動き等を検知せず、制御系自身が発生させるハンチングを効果的に抽出できる。ただし、強めすぎると操舵フリクション想定値Wの実フリクションへの収束に時間がかかりすぎることになり、両者のトレードオフを考慮して設定する。

【0056】（実施の形態4）

【0057】請求項8記載の発明に対応する実施の形態4について説明する。この実施の形態4は、操舵フリクション補償部83以外は、実施の形態1と同じであるので、操舵フリクション補償部83以外の説明は省略する。

【0058】操舵フリクション補償部83の構成について、図8に示す制御フローにより説明する。なお、ステップ80を除き、ステップ81及びステップ82は、図5のステップ51及びステップ52と同様であり説明を省略する。ステップ80では、フィードバック分の指令電流値 $I_{fb}$ が補償する操舵方向を判定する入力Qとされる。

【0059】すなわち、実施の形態1では操舵方向に一定の操舵フリクション想定値Wに相当する操舵力を付与するものであったのに対し、この実施の形態4では、補償をする前段の指令電流の方向に一定の操舵力を付与するようにしている。

【0060】よって、実施の形態1と同様の効果得られるのに加え、車両が蛇行するような場合、目標車線に戻す方向のフィードバック分の指令電流値 $I_{fb}$ と同方向に補償による指令電流値 $R * W / NA * KT$ が加わることで、実施の形態2のように、操舵フリクション想定値Wを大きくする補正を行うことなく、車両の蛇行が抑えられた車線追従性能を実現することができる。

【0061】（実施の形態5）

【0062】請求項8記載の発明に対応する実施の形態5について説明する。この実施の形態5は、操舵フリクション補償部83以外は、実施の形態1と同じであるので、操舵フリクション補償部83以外の説明は省略する。

【0063】操舵フリクション補償部83の構成について、図9に示す制御フローにより説明する。なお、ステップ95を除き、ステップ90～ステップ94及びステップ96、ステップ97は、図6のステップ60～ステップ64及びステップ66、ステップ67と同様であり説明を省略する。ステップ95では、フィードバック分の指令電流値 $I_{fb}$ が補償する操舵方向を判定する入力Qとされる。

【0064】すなわち、実施の形態2では操舵方向に一定の操舵フリクション想定値Wに相当する操舵力を付与するものであったのに対し、この実施の形態5では、補償をする前段の指令電流の方向に一定の操舵力を付与するようにしている。

【0065】よって、実施の形態5では、車両に蛇行が発生した場合、操舵フリクション想定値Wを大きくする補正を行うことで、操舵フリクション想定値W(1)が実操舵フリクションに近づき、車両の蛇行が抑えられた車線追従性能を実現することができる。さらに、この実施の形態5では、フィードバック分の指令電流値 $I_{fb}$ と同方向に補償分の指令電流値を加えるようにしているため、実施の形態2よりもさらにロバスト性の高い車線追従性能を実現することができる。

【0066】（実施の形態6）

【0067】請求項8記載の発明に対応する実施の形態6について説明する。この実施の形態6は、操舵フリクション補償部83以外は、実施の形態1と同じであるので、操舵フリクション補償部83以外の説明は省略する。

【0068】操舵フリクション補償部83の構成について、図10に示す制御フローにより説明する。なお、ステップ104を除き、ステップ100～ステップ103及びステップ105、ステップ106は、図7のステップ70～ステップ73及びステップ75、ステップ76と同様であり説明を省略する。ステップ104では、フィードバック分の指令電流値 $I_{fb}$ が補償する操舵方向を判定する入力Qとされる。

【0069】すなわち、実施の形態2では操舵方向に一定の操舵フリクション想定値Wに相当する操舵力を付与するものであったのに対し、この実施の形態6では、補償をする前段の指令電流の方向に一定の操舵力を付与するようにしている。

【0070】よって、実施の形態6では、操舵角のハンチングが発生した場合、操舵フリクション想定値Wを小さくする補正を行うことで、操舵フリクション想定値Wが実操舵フリクションに近づき、操舵角のハンチングが抑えられた車線追従性能を実現することができる。

【0071】（実施の形態7）

【0072】請求項9記載の発明に対応する実施の形態7について説明する。この実施の形態7は、車両システムの全体構成については、図1及び図2に示す実施の形態1と同様であるが、コントローラ8が、図11に示すように、システムの入出力（入力として、アクチュエータ指令電流、道路曲率、出力として、前方注視点横変位、操舵角等が挙げられる。）から内部の状態量（例えば、ヨーレイト、ヨー角、横速度、横変位、操舵角速度、操舵角）を推定するオブザーバ84と、車両の状態量及び道路曲率に基づきアクチュエータ入力である制御指令最終値を算出するレギュレータ85により構成され

る。

【0073】オブザーバ84の構成を図4（概略図としては同じ）により説明すると、図中A、B、C、Dはシステム構造（車両重量、ヨー慣性モーメント、車速等、制御対象の特性等）から決定される行列、また、 $K_e$ は観測ノイズによって決定される行列である。以下、操舵外乱を考慮したA B C D及び $K_e$ の決定法を示す。図18に示す式10は電流 $i$ 及び道路曲率 $\rho$ を入力、操舵外乱 $T_d$ を非制御の入力（すなわち、外乱）とする状態方程式である。図16に示す式2に出力方程式の一例を示す。この場合、出力は操舵角及び前方注視点横変位である。ただし、図4を見れば明らかなように、オブザーバを想定するシステムには外乱が存在しない（式10の $T_d$ が存在しない。）。この問題を克服する方法が外乱オブザーバと呼ばれるもので、外乱を白色ノイズで駆動される一次系で近似し、状態量に組み入れるものである。図18の式11に操舵外乱の振る舞いを近似する一次式を示す。式11中の $\lambda$ 及び $\omega$ の分散の決定方法を示す。まず、操舵外乱の振る舞いを振幅 $T_{d0}$ が一定で周期が不確定なポアソン方形波で近似する。例えば、操舵系のフリクシ

ョンの値を振幅 $T_{d0}$ に代入する。操舵系のフリクシオンを不確定であるが、1秒にどの程度零を横切るかで近似する。その回数を $\nu_{td}$ とする。このポアソン近似をしき11の近似に戻すと、式12と式13の関係式を得る。これにより $\lambda$ 及び $\omega$ の分散を決定できる。式11を式10と式2に代入し、図19に示す式14と式15を得る。式14、15を略記してオブザーバ84の構成中におけるA B C Dの行列を得る。次に、 $K_e$ の決定法を説明する。これはカルマンフィルタの構成法が知られており、観測ノイズの分散（この場合には前方注視点横変位のノイズの分散）と、状態量に加わるノイズの分散（この場合には操舵外乱に加わるノイズ $\omega$ の分散）及びA B C D行列から決定されるが、詳細は省略する。

【0074】レギュレータ85の構成を説明すると、レギュレータ85の例を図19の式16に示す。各状態の定数フィードバックの場合、各定数（式16中の $k_1 \sim k_7$ ）の決定法は、例えば、線形2次形式評価関数の最適制御が知られている。その場合の例を示す。式14が制御対象を表す式であるが、制御対象の入力に制御量である電流 $i$ の他に道路曲率 $\rho$ が存在し、通常

の最適制御設計が可能な構造ではない。これを克服する方法として、確率論的最適レギュレータ設計法が知られており、制御量以外のシステムの入力を白色ノイズで駆動される一次系で近似し、状態量に組み入れるものである。図20に示す式17に道路曲率 $\rho$ の振る舞いを近似する一次式を示す。式17中の $\lambda_p$ 及び $\omega_p$ 分散の決定法を示す。まず、道路曲率 $\rho$ の振る舞いを振幅 $\rho_0$ が一定で周期が不確定な、ポアソン方形波で近似する。例えば、想定する道路の曲率平均を振幅 $\rho_0$ に代入する。道路曲率 $\rho$ の変化は不確定であるが、1秒にどの程度零を横切る

かどうかで近似する。その回数を $\nu_p$ とする。このポアソン近似を式17の近似に戻すと図20の関係式（式18、19）を得る。これにより $\lambda_p$ 及び $\omega_p$ 分散を決定できる。式17を式14に代入し、図20の式20を得る。この形は最適制御を適用する形式となっている。以後、最適制御設計の詳細に入ってしまうため省略する。

【0075】コントローラ8の構成について、図12に示す制御フローにより説明する。ステップ120では、操舵角 $\theta$ と前方注視点横変位 $y_s$ とアクチュエータ指令電流 $i$ と道路曲率 $\rho$ が読み込まれる。ステップ121では、オブザーバ84において、上記演算処理法に従って状態量が演算される。ステップ122では、レギュレータ85において、上記演算処理法に従って指令電流が演算される。ステップ123では、操舵アクチュエータであるモータ5に対し指令電流が出力される。

【0076】このように、実施の形態7にあっては、オブザーバ84によりステアリング機構に入力される外乱トルクが推定され、外乱トルク補償部が、オブザーバ84により推定された外乱トルクを打ち消すレギュレータ85内のフィードバック項とされるため、実施の形態1と同様に、車線追従性を維持しつつ、操舵系を軽くすることができる。ただし、車線追従性を維持することに関しては、ステアリング機構に入力される外乱トルクを打ち消すフィードバック項がレギュレータ85内に存在するためである。また、ハンドルが軽くなる点については、実施の形態1の発明と同様の理由による。

【0077】（実施の形態8）

【0078】請求項10記載の発明に対応する実施の形態8について説明する。この実施の形態8は、車両システムの全体構成については、図1及び図2に示す実施の形態1と同様であるが、コントローラ8が、図13に示すように、システムの入出力から内部の状態量を推定するオブザーバ84と、車両の状態量及び道路曲率に基づきアクチュエータ入力である制御指令最終値を算出するレギュレータ85'と、オブザーバ84とレギュレータ85'との間に設けられ、オブザーバ84からの出力の1つである外乱トルク推定値の大きさを制限するリミッタ86により構成される。

【0079】コントローラ8の構成について、図14に示す制御フローにより説明する。ステップ140では、操舵角 $\theta$ と前方注視点横変位 $y_s$ とアクチュエータ指令電流 $i$ と道路曲率 $\rho$ が読み込まれる。ステップ141では、オブザーバ84において、上記演算処理法に従って状態量が演算される。ステップ142では、リミッタ86において、操舵外乱 $T_d$ の絶対値がリミッタ値 $T_{d0}$ を超えないように制限される。つまり、 $T_d > T_{d0}$ または $T_d < -T_{d0}$ の時には $T_d = T_{d0}$ または $T_d = -T_{d0}$ とされる。ステップ143では、レギュレータ85において、上記演算処理法に従って指令電流が演算される。なお、レギュレータ85'の構成例を、図20の式21に

示す。ステップ144では、操舵アクチュエータであるモータ5に対し指令電流が出力される。

【0080】このように、実施の形態8にあっては、オブザーバ84によりステアリング機構に入力される外乱トルクが推定され、外乱トルク補償部が、オブザーバ84により推定された外乱トルクを打ち消すレギュレータ85'内のフィードバック項とされ、オブザーバ84からの出力の1つである外乱トルク推定値の大きさを制限するリミッタ86を、オブザーバ84とレギュレータ85'との間に設けたため、実施の形態7と同様に、車線追従性を維持しつつ、操舵系を軽くすることができるし、加えて、操舵フリクションを補償しつつ、ドライバ介入を容易にする制御系を構成することができる。

【0081】すなわち、実施の形態8では、フィードバック係数自体を小さい値に保つことにより、軽い操舵系を実現できた。ただ、フィードバック係数がいくら小さくても、ドライバ介入がなされた場合、最終的には外乱補償項が大きくなってしまい、介入を妨げる方向に作用する。これは、ドライバ介入を操舵フリクションと同様に外乱トルクとして推定してしまうためである。ただし、操舵フリクションはドライバ介入と異なり、所定値以上にはならない。よって、オブザーバ84で外乱トルク推定が所定値以上となった場合は、ドライバ介入以外にはあり得ない。そのため、外乱トルク補償にリミッタ86を持たせることにより、操舵フリクションを補償しつつ、ドライバ介入を容易にする制御系を構成することが可能となる。

【0082】(他の実施の形態)

【0083】以上、実施の形態1～実施の形態8により本発明を説明してきたが、具体的な構成はこれらの実施の形態に限られるものではなく、下記の本発明の要旨を逸脱しないものであれば本発明に含まれる。つまり、フィードバック制御によりステアリング機構に設けられた操舵アクチュエータへ制御指令を出力する操舵制御手段に、ステアリング機構へ入力される外乱トルクを補償する外乱トルク補償部を設け、かつ、操舵制御手段のフィードバック係数を、操舵外乱がないとの想定に基づき設定する点を要旨とする。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施の形態1における車線追従制御装置が適用された車両を示す斜視図である。

【図2】実施の形態1における車線追従制御が行われる操舵系を示す斜視図である。

【図3】実施の形態1のコントローラを示す制御ブロック図である。

【図4】実施の形態1のオブザーバを示す制御ブロック図である。

【図5】実施の形態1におけるコントローラの操舵フリ

クション補償部での制御フローを示す図である。

【図6】実施の形態2におけるコントローラの操舵フリクション補償部での制御フローを示す図である。

【図7】実施の形態3におけるコントローラの操舵フリクション補償部での制御フローを示す図である。

【図8】実施の形態4におけるコントローラの操舵フリクション補償部での制御フローを示す図である。

【図9】実施の形態5におけるコントローラの操舵フリクション補償部での制御フローを示す図である。

10 【図10】実施の形態6におけるコントローラの操舵フリクション補償部での制御フローを示す図である。

【図11】実施の形態7のコントローラを示す制御ブロック図である。

【図12】実施の形態7におけるコントローラでの制御フローを示す図である。

【図13】実施の形態8のコントローラを示す制御ブロック図である。

【図14】実施の形態8におけるコントローラでの制御フローを示す図である。

20 【図15】実施の形態1の説明で用いた式1を示す図である。

【図16】実施の形態1の説明で用いた式2～式5を示す図である。

【図17】実施の形態1の説明で用いた式6～式9を示す図である。

【図18】実施の形態2の説明で用いた式10～式13を示す図である。

【図19】実施の形態2の説明で用いた式14～式16を示す図である。

30 【図20】実施の形態2の説明で用いた式17～式21を示す図である。

【符号の説明】

1 ステアリングホイール

2 コラムシャフト

3 ステアリングギヤ

4 操舵アクチュエータ

5 モータ

6 電磁クラッチ

7 ベルト伝達機構

40 8 コントローラ(操舵制御手段)

9 ロータリエンコーダ9(操舵実際値検出手段)

10 CCDカメラ

11 車線認識装置

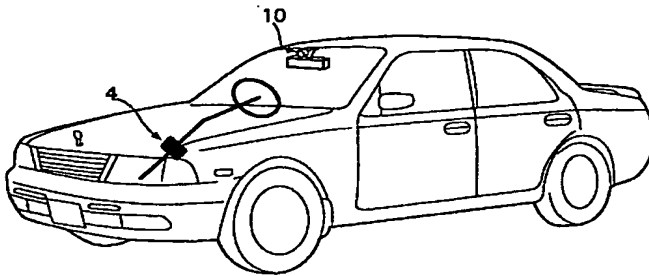
12 ヨーレイトセンサ

81 オブザーバ

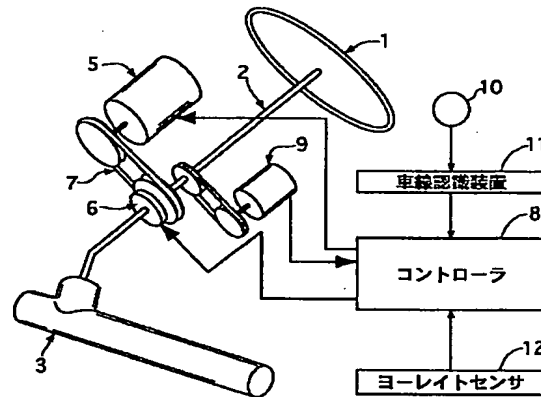
82 レギュレータ

83 操舵フリクション補償部(外乱トルク補償部)

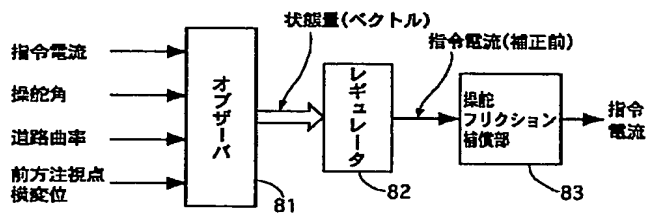
【図1】



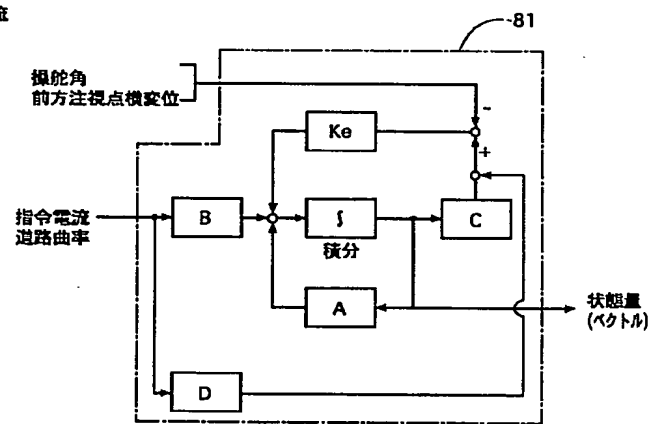
【図2】



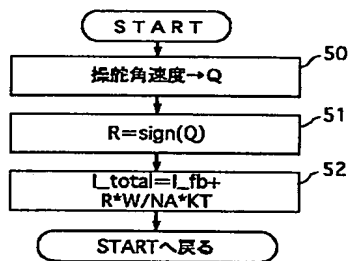
【図3】



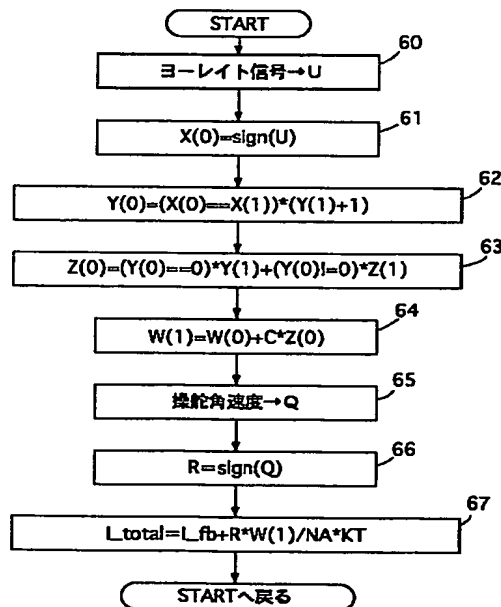
【図4】



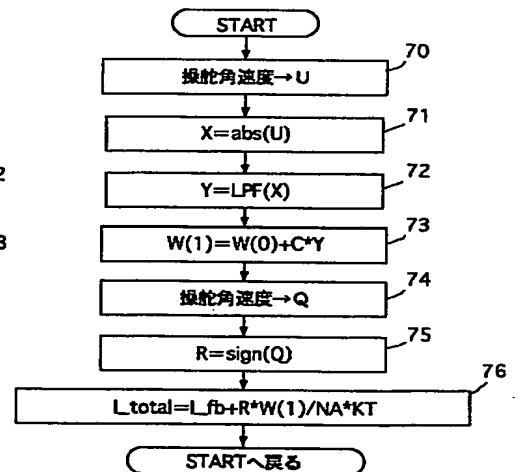
【図5】



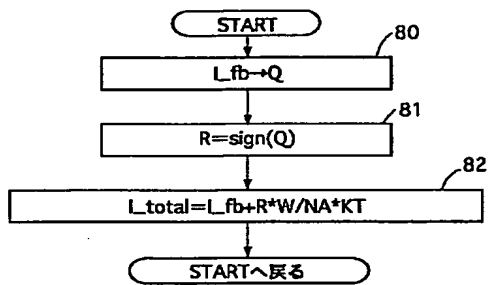
【図6】



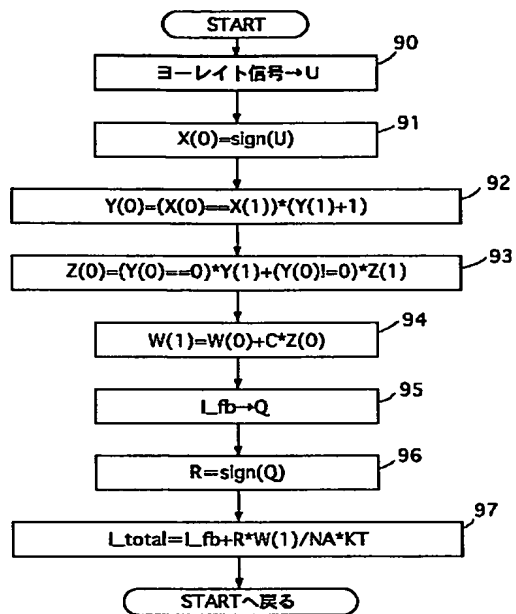
【図7】



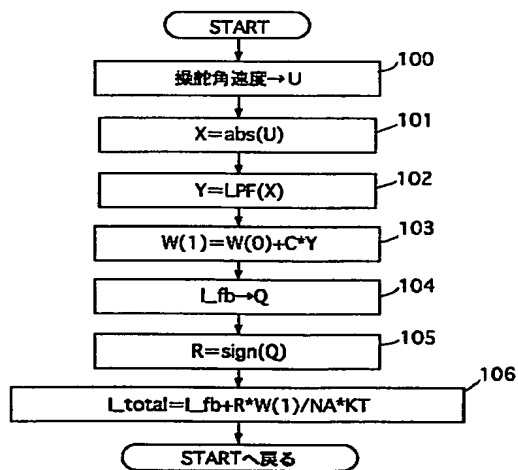
【図8】



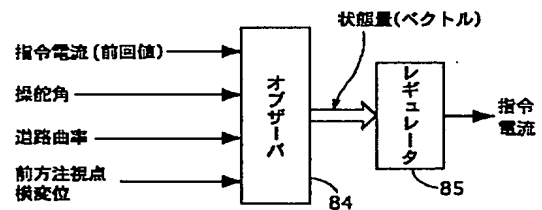
【図9】



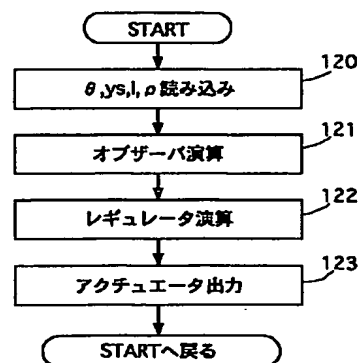
【図10】



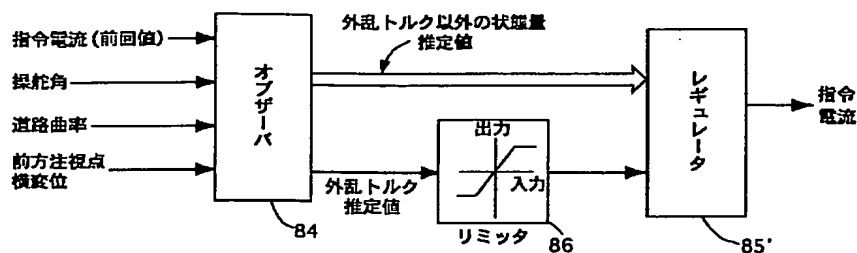
【図11】



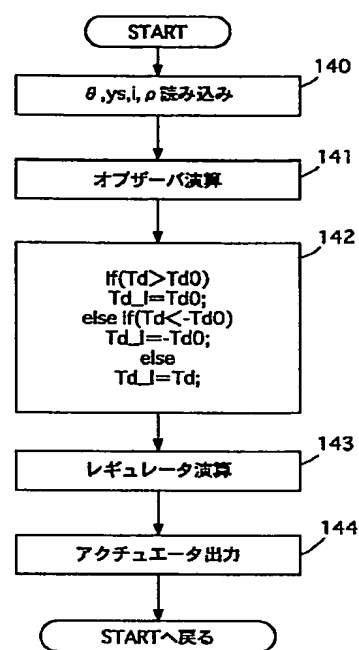
【図12】



【図13】



【図14】



【図15】

[式1] 制御対象の状態方程式

$$\begin{bmatrix} \dot{\phi} \\ \dot{\phi}_r \\ \dot{y}_{cr} \\ \dot{y}_{sr} \\ \dot{\theta} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & 0 & 0 & a_{16} \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & 0 & 0 & a_{26} \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & 0 & a_{35} & a_{36} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi \\ \phi_r \\ y_{cr} \\ y_{sr} \\ \theta \\ \theta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & -V \\ 0 & -V^2 \\ 0 & 0 \\ b_{s1} & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i \\ \rho \end{bmatrix}$$

ただし、  
 $\phi$ : ヨーレイト  
 $\phi_r$ : 道路に対する車両ヨー角  
 $y_{cr}$ : 目標ラインに対する車両重心点横速度  
 $y_{sr}$ : 目標ラインに対する車両重心点横変位  
 $\theta$ : 操舵角速度(コラムシャフト軸上)  
 $\theta$ : 操舵角(コラムシャフト軸上)  
 $i$ : 指令電流  
 $\rho$ : 道路曲率

$$\begin{aligned} a_{11} &= \frac{-(\dot{\theta}_r^2 \cdot C_r + \dot{\theta}_r^2 \cdot C_r)}{Vl} & a_{12} &= \frac{\dot{\theta}_r \cdot C_r - \dot{\theta}_r \cdot C_r}{l} & a_{13} &= \frac{-(\dot{\theta}_r \cdot C_r - \dot{\theta}_r \cdot C_r)}{Vl} \\ a_{16} &= \frac{\dot{\theta}_r \cdot C_r}{lN} & a_{21} &= \frac{-(\dot{\theta}_r \cdot C_r - \dot{\theta}_r \cdot C_r)}{mV} & a_{22} &= \frac{C_r + C_r}{m} \\ a_{23} &= \frac{-(C_r + C_r)}{mV} & a_{26} &= \frac{C_r}{mN} & a_{27} &= \frac{\eta \dot{\theta}_r}{NV} \\ a_{32} &= \frac{-\eta \dot{\theta}_r}{N} & a_{33} &= \frac{-\eta}{N} & a_{35} &= \frac{-C_s}{J_m N_s^2} \\ a_{36} &= \frac{-\eta}{N^2} & \eta &= \frac{\epsilon K_0 C_r}{J_m N_s^2} & b_{s1} &= \frac{K_s}{J_m N_s} \end{aligned}$$

$l$ : 車両ヨー慣性モーメント  
 $\dot{\theta}_r$ : 重心～前輪車軸間距離  
 $C_r$ : 前輪コーナリングバウ(二輪分)  
 $V$ : 車速  
 $J_m$ : モータ慣性モーメント  
 $N_s$ : フリクションギヤ比  
 $K_0$ : パワーアシスト係数(1でマニュアルアシスト, 0でフルアシスト)  
 $K_s$ : モータ定数  
 $m$ : 車両重心  
 $\dot{\theta}_r$ : 重心～後輪車軸間距離  
 $C_r$ : 後輪コーナリングバウ  
 $N$ : フリクションギヤ比  
 $\epsilon$ : トレール長さ  
 $C_s$ : 操舵系の減衰係数

【図16】

[式2] 出力方程式

$$\begin{bmatrix} \theta \\ y_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi \\ \phi_r \\ y_{cr} \\ y_{sr} \\ \theta \\ \theta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & -\frac{\dot{\theta}_r^2}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i \\ \rho \end{bmatrix}$$

ただし、  
 $y_s$ : 前方注視点横変位  
 $\dot{\theta}_r$ : 前方注視点距離

[式3] 状態方程式

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

ただし、 $x = [\phi \ \phi_r \ y_{cr} \ y_{sr} \ \theta \ \theta]^T$

[式4] 出力方程式

$$y = Cx + Du$$

ただし、 $y = [\theta \ y_s]^T$

[式5] レギュレータ

$$u = [K_1 \ K_2 \ K_3 \ K_4 \ K_5 \ K_6 \ K_7] \begin{bmatrix} \phi \\ \phi_r \\ y_{cr} \\ y_{sr} \\ \theta \\ \theta \\ \rho \end{bmatrix}$$



【図17】

【式6】 道路曲率 $\rho$ の振る舞いを表す1次式

$$\dot{\rho} = -\lambda \rho + \omega$$

ただし、 $\omega$ ：白色ノイズ

【式7】

$$\lambda = 2\nu\rho$$

【式8】

$$\omega \text{ の分散} = 2\lambda \rho^2$$

【式9】 道路曲面を状態量とみなす状態方程式

$$\begin{bmatrix} \ddot{\phi} \\ \dot{\phi}_r \\ \ddot{y}_{cr} \\ \dot{y}_{cr} \\ \ddot{\theta} \\ \dot{\theta} \\ \dot{\rho} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & 0 & 0 & a_{16} & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -v \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & 0 & 0 & a_{26} & -v^2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & 0 & a_{35} & a_{36} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi \\ \phi_r \\ y_{cr} \\ y_{cr} \\ \theta \\ \theta \\ \rho \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ b_{s1} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \cdot 1 + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ \omega \end{bmatrix}$$

【図18】

【式10】 制御対象の状態方程式

$$\begin{bmatrix} \ddot{\phi} \\ \dot{\phi}_r \\ \ddot{y}_{cr} \\ \dot{y}_{cr} \\ \ddot{\theta} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & 0 & a_{16} \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & 0 & a_{26} \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & 0 & a_{35} & a_{36} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi \\ \phi_r \\ y_{cr} \\ y_{cr} \\ \theta \\ \theta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & -v \\ 0 & -v^2 \\ 0 & 0 \\ b_{s1} & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ \rho \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ e_{s1} \\ 0 \end{bmatrix} \cdot T_d$$

ただし、 $T_d$ ：操舵外乱  $e_{s1} = 1/J_m$

他は式1参照

【式11】

操舵外乱 $T_d$ の振る舞いを表す1次式

$$\dot{T}_d = -\lambda \cdot T_d + \omega$$

ただし、 $\omega$ ：白色ノイズ

【式12】

$$\lambda = 2\nu T_d$$

【式13】

$$\omega \text{ の分散} = 2\lambda T_d^2$$

【図19】

【式14】

$$\begin{bmatrix} \ddot{\phi} \\ \ddot{\phi}_r \\ \ddot{y}_{cr} \\ \ddot{y}_{cr} \\ \ddot{\theta} \\ \ddot{\theta} \\ \ddot{Td} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & 0 & 0 & a_{16} & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & 0 & 0 & a_{36} & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & 0 & a_{55} & a_{56} & a_{51} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi \\ \phi_r \\ y_{cr} \\ y_{cr} \\ \theta \\ \theta \\ Td \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & -v \\ 0 & -v^2 \\ 0 & 0 \\ b_{51} & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i \\ \rho \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot \omega$$

$$\downarrow$$

$$\dot{x} = Ax + Bu + T \cdot \omega$$

【式15】

$$\begin{bmatrix} \theta \\ y_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \phi \\ \phi_r \\ y_{cr} \\ y_{cr} \\ \theta \\ \theta \\ Td \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & -\frac{g_1}{2} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i \\ \rho \end{bmatrix}$$

$$\downarrow$$

$$y = Cx + Du$$

【式16】

$$i = [K_1 \ K_2 \ K_3 \ K_4 \ K_5 \ K_6 \ K_7] \cdot [\phi \ \phi_r \ y_{cr} \ y_{cr} \ \theta \ \theta \ Td \ 0 \ \rho]'$$

(' は転置を表す)

【図20】

【式17】

道路曲率  $\rho$  の振る舞いを表す1次式

$$\dot{\rho} = -\lambda \rho + \omega \rho$$

ただし、 $\omega \rho$ : 白色ノイズ

【式18】

$$\lambda \rho = 2 \nu \rho$$

【式19】

$$\omega \rho \text{ の分散} = 2 \lambda \rho \cdot \rho^2$$

【式20】

$$\begin{bmatrix} \ddot{\phi} \\ \ddot{\phi}_r \\ \ddot{y}_{cr} \\ \ddot{y}_{cr} \\ \ddot{\theta} \\ \ddot{\theta} \\ \ddot{Td} \\ \ddot{\rho} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & 0 & 0 & a_{16} & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -v \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & 0 & 0 & a_{36} & 0 & -v^2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & 0 & a_{55} & a_{56} & a_{51} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda \rho \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi \\ \phi_r \\ y_{cr} \\ y_{cr} \\ \theta \\ \theta \\ Td \\ \rho \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ b_{51} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \omega \\ \omega \rho \end{bmatrix}$$

【式21】

$$i = [K_1 \ K_2 \ K_3 \ K_4 \ K_5 \ K_6 \ K_7] \cdot [\phi \ \phi_r \ y_{cr} \ y_{cr} \ \theta \ \theta \ Td \ 0 \ \rho]'$$

フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

B 6 2 D 131:00

133:00

137:00

識別記号

F I

B 6 2 D 131:00

133:00

137:00

ターマコード (参考)

F ターム(参考) 3D032 CC20 DA03 DA09 DA23 DA29  
 DA33 DA50 DA64 DA84 DA88  
 DB01 DB11 DC31 DD02 DD17  
 EC23 EC34 GG01  
 3D033 CA12 CA13 CA17 CA19 CA20  
 CA21